

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

F 80/536

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 14 AOUT 2000  
WIPO PCT

4

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 26 201.2

Anmeldetag: 09. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Technische Universität München Lehrstuhl für  
Thermische Kraftanlagen, Garching b München/DE

Bezeichnung: Wirbelschichtreaktor

IPC: B 01 J, C 10 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 13. Juli 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "W. Schäfer".

A 9161 pat  
03/00  
EDV-L



## Wirbelschichtreaktor

5

Die Erfindung betrifft einen Wirbelschichtreaktor, der den Wirkungsgrad von Wirbelschichtprozessen verbessert. Wirbelschichtprozesse werden z. B. bei der Trocknung, Vergasung oder Verbrennung von Stoffen eingesetzt, wobei in einem abgeschlossenen Reaktionsraum überwiegend festes Bettmaterial, wie z. B. Sand, durch einen Gasstrom fluidisiert wird. In diesen Reaktionsraum wird z. B. der zu vergasende Stoff eingebracht. Aufgrund des sehr guten Wärmeübergangs zwischen dem Bettmaterial und dem zu vergasenden Stoff läuft der Prozeß mit einem hohen Wirkungsgrad ab.

Trotzdem ist es wünschenswert, den Wirkungsgrad weiter zu verbessern, denn bei den herkömmlichen Wirbelschichtbetten ist bei einer Wirbelschichtverbrennung lediglich die vertikale Vermischung besonders gut, während die Quervermischung des Bettmaterials, der Brennstoffpartikel und der Asche gering ist. Bei großen Wirbelschichtflächen sind somit viele Brennstoffaufgabestellen erforderlich, die die Anlagekosten erheblich erhöhen. Bei kleinen Wirbelschichtbetten bewirken besonders die entstehenden Blasen eine Kanalbildung, die sich negativ auf den Prozeß auswirkt.

25

Ein weiteres Problem bei Wirbelschichten ist das Einbringen bzw. Ableiten von Wärme, um z. B. Vergasungsprozesse zu optimieren. So ist z. B. die energetische Nutzung biogener Einsatzstoffe derzeit weitgehend auf die Verbrennung beschränkt. Die Technologien zur Vergasung sind auf die Erzeugung von Schwachgasen mit einem Heizwert unter 6000 kJ/m<sup>3</sup> ausgerichtet. Diese Gase sind jedoch für eine Nutzung z. B. in Gasturbinen oder Brennstoffzellen nicht geeignet.

2

Um Gase mit einem Heizwert von 8000 bis 10 000 kJ/m<sup>3</sup> zu erzeugen, muß eine sogenannte allotherme Vergasung durchgeführt werden. Dazu ist es erforderlich, dem zu vergasenden Brennstoff ausreichend externe Wärme auf einem hohen Temperaturniveau von 500 bis 900 Grad Celsius zuzuführen, was bisher mit einem hohen technischen Aufwand verbunden ist.

Aus dem Stand der Technik sind dafür folgende prinzipielle Vergaserkonstruktionen bekannt:

Batelle-Vergaser  
Beim Batelle-Vergaser (zweistufige Wirbelschichtvergasung) wird die Reaktionswärme für die Wirbelschicht in einer externen Wirbelschichtverbrennung erzeugt. Die Übertragung der Wärme erfolgt durch Austausch des heißen Sandbettes und ist daher mit einem hohen technischen Aufwand verbunden, vergl. Peter Jansen, Thermische Vergasung von nachwachsenden Roh- und organischen Reststoffen; Institutsberichte der Bundesanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 1997.

DMT-Vergaser  
Im DMT-Vergaser soll ein wesentlicher Teil der für die Vergasung notwendigen Wärme dadurch eingebracht werden, daß für die Fluidisierung überhitzter Wasserdampf mit einer Temperatur von 750 Grad Celsius verwendet wird. Zusätzlich sollen für die Vergasung von Biomasse Wärmetauscherrohre durch das Wirbelbett geleitet werden, durch die Rauchgas mit einer Temperatur von 1150 Grad Celsius strömt. Der Nachweis, daß mit dieser Vorrichtung Heizwerte von ca. 10 000 kJ/m<sup>3</sup> erzielbar sind, erscheint nach dem derzeitigen Kenntnisstand kaum möglich. Vorrichtungen, die nach diesem Prinzip arbeiten, sind in den Dokumenten US 5,064,444 und US 5,439,491 offenbart.

Zur Erhöhung des chemischen Umsatzes wurde daher versucht, den Wärmeeintrag in das Wirbelbett durch den Einsatz von Pulsbrennern zu erhöhen, wie in dem Dokument US 5,306,481 offenbart. Dieser Weg ermöglicht prinzipiell einen höheren Wärmeintrag und somit einen chemischen Umsatz, der für eine allotherme Vergasung erforderlich ist. Der Einsatz von Pulsbrennern ist jedoch relativ aufwendig.

Weiterhin ist aus dem Stand der Technik bekannt, den Wärmeintrag in ein  
10 Wirbelschichtbett mittels Wärmeleitrohre (Heatpipes) durchzuführen. Die  
US 4,160,720 offenbart eine Vorrichtung zur Vergasung von Teersand, bei  
der eine Wärmeübertragung in den Reaktionsraum mittels Wärmeleitrohre  
(Heat-pipes) erfolgt. Bei dieser Vorrichtung durchläuft der Teersand das  
Reaktionsbett und die Verbrennungszone. Da sich das Pyrolysegas mit  
15 dem Rauchgas mischt, verringert sich der Heizwert dieses Gases, das sich  
nicht für den unmittelbaren Einsatz für Gasturbinen oder für Brennstoffzel-  
len eignet.

Es besteht daher weiterhin die Aufgabe, den Wärmeintrag bzw. den  
20 Wärmeentzug in Wirbelschichten von Wirbelschichtreaktoren zu verbes-  
sern.

Diese Aufgabe wird mit einem Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1 ge-  
löst. In dem Wirbelschichtreaktor ist ein Reaktorbehälter vorgesehen, der  
25 das Wirbelschichtbett aufnimmt. Es sind Fluidisierungsvorrichtungen vor-  
gesehen, die einen vorbestimmten Bereich des Wirbelschichtbettes fluidi-  
sieren. Um in diesen Bereich zusätzliche Wärme einzubringen oder abzu-  
ziehen, werden Wärmetauschervorrichtungen eingesetzt. Je besser der  
30 Wärmeübergang zwischen den Wärmetauschervorrichtungen und der Wir-  
belschicht ist, um so höher ist der Wirkungsgrad der Anlage. Um diesen  
Wärmeübergang zu verbessern, werden die Wärmetauscherabschnitte der

Wärmetauschervorrichtung als spezielle Wärmetauscherrippen ausgebildet, die so geformt und angeordnet sind, um mit den von den Fluidisierungsvorrichtungen erzeugten Fluidströmen und -wirbeln so in Wirkbeziehung zu gelangen, daß die fluidisierten Teilchen quer zu ihrer ursprünglichen Strömungsrichtung beschleunigt werden, wodurch die Quervermischung des Wirbelschichtbettes verbessert wird, die Verweilzeit der Teilchen im Wirbelschichtbett erhöht wird und der Wärmeübergang von den Wärmetauscherrippen zum Wirbelschichtbett wesentlich verbessert wird.

- 5      10 Es ist zu betonen, daß es nicht möglich und sinnvoll ist, eine konkrete Dimensionierung für die speziellen Wärmetauscherrippen anzugeben, da der Fachmann eine derartige Optimierung nur in Verbindung mit einem konkreten Wirbelschichtreaktor vornehmen kann. Es ist daher im Einzelfall möglich, sehr speziell ausgebildete Wärmetauscherrippen einzusetzen, die u. U.
- 15      15 sogar unterschiedlich, asymmetrisch usw. ausgebildet sein können, wenn dadurch die vorstehend beschriebene Ablenkung der Teilchen mit den damit verbundenen positiven Wirkungen erfolgt.

- Bevorzugte Formen der Wärmetauscherrippen sind in den Ansprüchen 2, 3  
20 und 4 beansprucht. Diese Formen lassen sich gut fertigen.

- Nach Anspruch 5 sind die Wärmetauscherrippen mit den Wärmetauscherabschnitten lösbar verbunden. Diese Ausführungsform weist eine Reihe von Vorteilen auf: Da z. B. Wirbelschichten, in denen Verbrennungsprozesse ablaufen, auf Grund der höheren Temperatur in Verbindung mit dem Sand der Wirbelschicht auf Einbauten stark abrasiv wirken, sind die Wärmetauscherrippen davon besonders betroffen, d. h., sie unterliegen einem hohen Verschleiß. Die Auswechselbarkeit dieser Verschleißteile ist daher besonders wirtschaftlich.  
25
- 30 Nach Anspruch 6 sind die Wärmetauschervorrichtungen von flüssigen oder gasförmigen Fluiden durchströmt, nach Anspruch 7 werden Wärmeleitroh-

re (Heatpipes) eingesetzt. Dem Fachmann ist klar, daß der durch die Erfindung bewirkte positive Effekt lediglich durch die besondere Gestaltung der Wärmetauscherrippen in Verbindung mit dem Wirbelschichtbett erzielt wird.

5

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen näher erläutert, wobei auf allgemeine Darstellungen von Wirbelschichtreaktoren verzichtet wurde, da diese dem Fachmann hinreichend bekannt sind und daher weder gezeigt noch näher erläutert werden müssen.

10

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer gewendelten Wärmetauscherrippe am Wärmetauscherabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung.

15

Fig. 2 zeigt eine perspektivische Darstellung einer schaufelförmig ausgebildeten Wärmetauscherrippe.

Fig. 3

zeigt eine perspektivische Funktionsdarstellung der Wärmetauscherrippe nach Fig. 1.

Fig. 4

20

zeigt Wärmetauscherrippen, die an waagerecht liegenden Wärmetauscherabschnitten angeordnet sind.

Die Fig. 1 zeigt einen Endabschnitt einer rohrförmigen Wärmetauschervorrichtung 1, an dem gewendete Wärmetauscherrippen 2 angeordnet sind.

25

Die Fig. 2 zeigt einen Endabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung 1, an dem schaufelförmig ausgebildete Wärmetauscherrippen 3 angeordnet sind.

Die Fig. 3 zeigt den rohrförmigen Endabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung 1 mit gewendeten Wärmetauscherrippen 2 in einer Wirbelschicht,

30

die z. B. aus Brennstoffteilchen 4 besteht, in der Gasblasen 5 aufsteigen.

Die Pfeile 6 zeigen, in welche Richtung die Brennstoffteilchen 4 und die Gasblasen 5 abgelenkt werden. Durch diese seitliche Ablenkung wird die Wirbelschicht homogenisiert. Gleichzeitig verbleiben die Brennstoffteilchen 4 länger im Wirbelbett, so daß sie vollständig verbrannt werden. Auch bei anderen Reaktionen, wie z. B. einer Vergasung, ist eine längere Verweildauer der Einsatzstoffe gewünscht.

Durch die seitliche Ablenkung haben die Teilchen einen sehr guten Wärmekontakt mit zu den Wärmetauscherrippen, wodurch der Wärmeübergang erheblich verbessert und somit der Wirkungsgrad erhöht wird.

Die Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Wirbelschichtreaktors mit waagerecht liegenden Wärmetauscherrohren mit Wärmetauscherabschnitten 7, an denen Wärmetauscherrippen 8 angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Wärmetauscherrippen 8 geneigt angeordnet, wobei die Neigungsrichtung der Wärmetauscherrippen bei dem darüberliegenden Wärmetauscherabschnitt gewechselt wurde. Daher werden die Teilchen 4 und die Dampfblasen 5 wechselweise nach links oder rechts abgelenkt, was zu einer guten Quervermischung führt. Es ist für den Fachmann klar, daß bei schräg liegenden Wärmetauscherabschnitten die Wärmetauscherrippen gemäß der erfindungsgemäßen Lehre anzutragen sind.

Es ist klar, daß bei der Vielzahl von möglichen Varianten, Kombinationen und Bauformen der einzelnen Komponenten der Erfindung nicht alle dieser Varianten explizit beschrieben werden konnten. Jedoch fallen auch alle dieser nicht explizit beschriebenen Varianten unter den Schutzbereich der anliegenden Patentansprüche, wenn sie die erfindungsgemäße technische Lehre benutzen.

## Ansprüche

- 5    1. Wirbelschichtreaktor mit
  - einem Reaktorbehälter zur Aufnahme
  - eines Wirbelschichtbettes, das mittels
  - Fluidisierungsvorrichtungen in einem
  - Bereich fluidisiert wird, und
- 10   - Wärmetauschervorrichtungen (1), deren
  - Wärmetauscherabschnitte in dem fluidisierten Bereich angeordnet sind,
  - dadurch gekennzeichnet, daß
  - an den Wärmetauscherabschnitten der Wärmetauschervorrichtungen (1)
  - Wärmetauscherrippen (2, 3, 8) so geformt und angeordnet sind, um mit
- 15   den von den Fluidisierungsvorrichtungen erzeugten Fluidströmen und
- wirbeln so in Wirkbeziehung zu gelangen, daß die fluidisierten Teilchen (4)
- quer zu ihrer ursprünglichen Strömungsrichtung beschleunigt werden, wo-
- durch die Quervermischung des Wirbelschichtbettes verbessert wird, die
- Verweilzeit der Teilchen (4) im Wirbelschichtbett erhöht wird, Gasblasen
- 20   (5) gut dispergiert werden und der Wärmeübergang von den Wärmetau-
- scherrippen (2, 3, 8) zum Wirbelschichtbett wesentlich verbessert wird.
- 25   2. Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Wärmetauscherrippen (2) wendelförmig ausgebildet sind.
- 30   3: Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Wärmetauscherrippen (3) schaufelförmig ausgebildet sind.
4. Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an
- waagerecht liegenden Wärmetauscherabschnitten (7) die Wärmetauscher-
- rippen (8) schräg geneigt zur Blasrichtung der Fluidisierungsvorrichtung

angeordnet sind, wobei die Neigungsrichtung der Wärmetauscherrippen (8) von benachbart angeordneten Wärmetauscherabschnitten (7) unterschiedlich ist.

- 5 5. Wirbelschichtreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscherrippen (2, 3) mit den Wärmetauscherabschnitten (7) lösbar verbunden sind, wobei die Verbindung einen guten Wärmeübergang aufweist.
- 10 6. Wirbelschichtreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscheranordnungen von gasförmigen oder flüssigen Fluiden durchströmt sind.
- 15 7. Wirbelschichtreaktor nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscheranordnungen Wärmeleitrohre (Heatpipes) aufweisen.

20

25

30

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Wirbelschichtreaktor mit Wärmetauschervorrichtungen 1, der den Wirkungsgrad von Wirbelschichtprozessen erhöht. Erfindungsgemäß werden die Wärmetauscherrippen 2, 3, 7 der Wärmetauschervorrichtung 1 so ausgebildet, daß eine Quervermischung des Wirbelbettes erfolgt, was den Wirkungsgrad des Reaktors wesentlich erhöht.

10 - Fig. 3 -

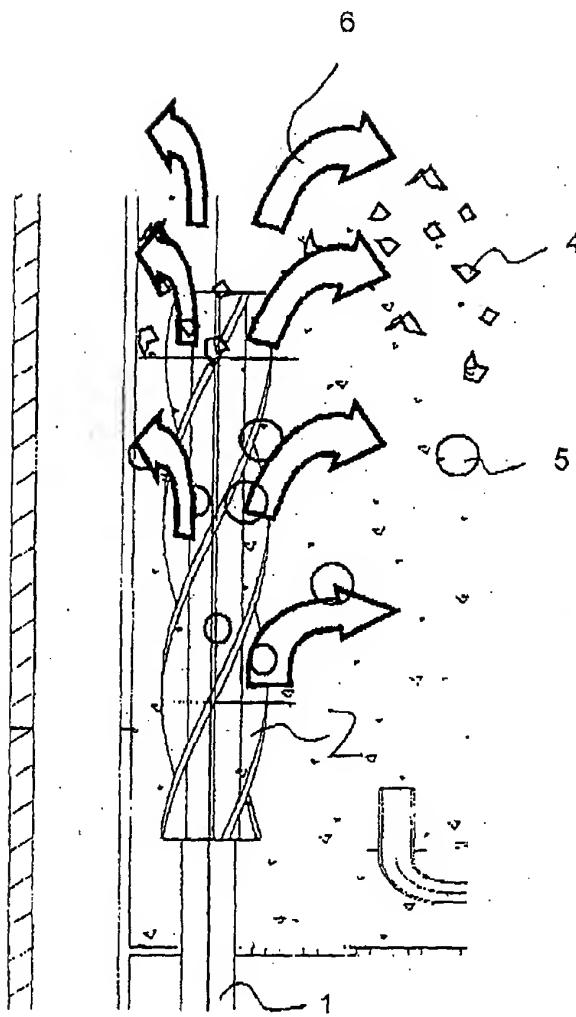


Fig. 3

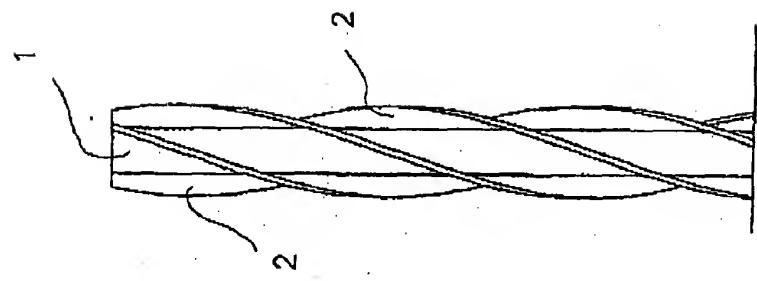


Fig. 1

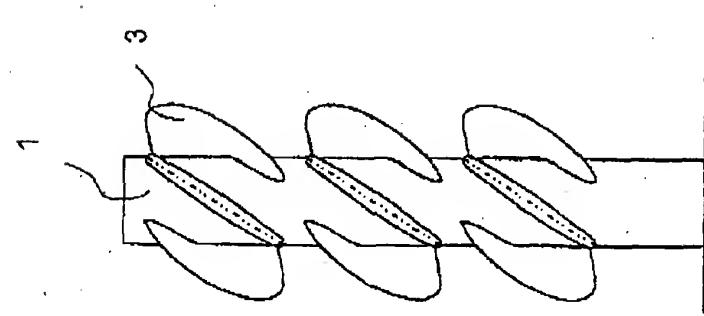


Fig. 2

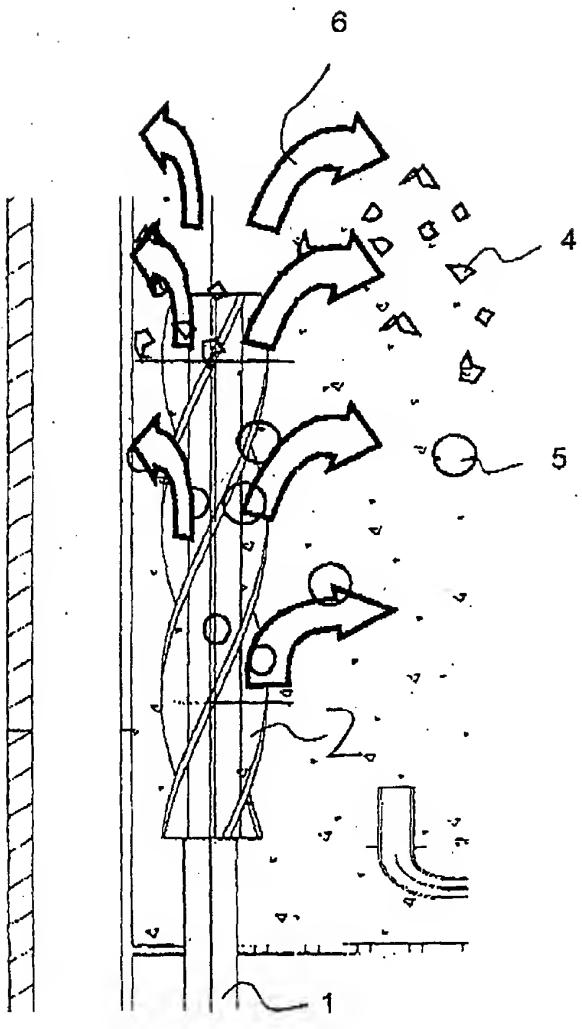


Fig. 3

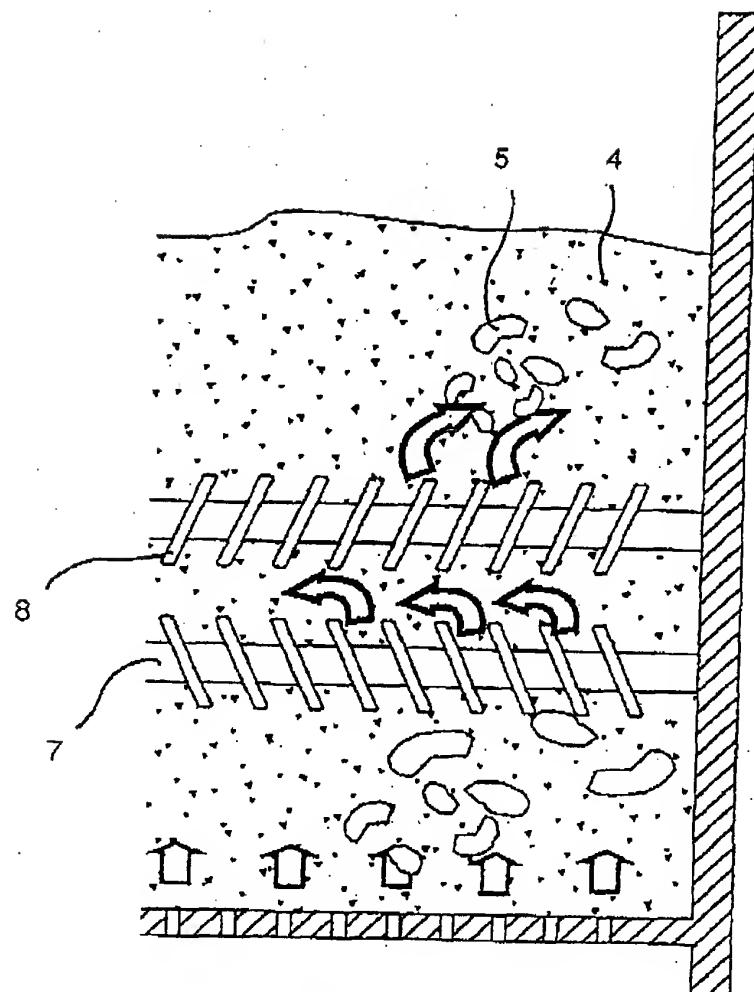


Fig. 4

GESAMT SEITEN 14